

Aus dem Institut für Anaesthesiologie
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Professor Dr. R. Frey)

DAS VERHALTEN DER INSPIRATORISCHEN SAUERSTOFF-
KONZENTRATION BEI EINFACHEN BEATMUNGSBEUTELN/-BÄLLEN

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Ernst Jürgen Otterbach
aus Wiesbaden

Mainz 1975

1976

Aus dem Institut für Anaesthesiologie
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Professor Dr. R. Frey)

DAS VERHALTEN DER INSPIRATORISCHEN SAUERSTOFF-
KONZENTRATION BEI EINFACHEN BEATMUNGSBEUTELN/-BÄLLEN



Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Ernst Jürgen Otterbach
aus Wiesbaden

Mainz 1975



Fachbereichsdekan:	Professor Dr. R. Wolf
Referent:	Professor Dr. R. Frey
Korreferent:	Professor Dr. H.-U. Gerbershagen
Tag der mündlichen Prüfung:	28.1.1976

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung und Fragestellung	1
Das Konzept des "verfügbaren Sauerstoffs"	
II. Eigene Untersuchungen	5
1. Einführung	5
2. Versuchsaufbau	16
3. Versuchsdurchführung	18
4. Ergebnisse	19
a) Beatmungsvolumina	19
b) Beatmungsdrucke	20
c) Sauerstoffkonzentrationen	21
d) Effektivität der Sauerstoff-Ausnutzung	22
e) Funktion der Beatmungsventile	23
5. Statistische Auswertung	24
III. Diskussion	29
IV. Schlußfolgerungen	38
V. Zusammenfassung	39
VI. Literaturverzeichnis	41
VII. Anhang	43
1. Abbildungen	44
2. Tabellen	59
VIII. Lebenslauf	75



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547917_0046

I. Einleitung und Fragestellung

Die Mund-zu-Mund- und Mund-zu-Nase-Beatmungs-Methoden haben sich im Rahmen der cardio-pulmonalen Wiederbelebung bewährt. In den vergangenen Jahren wurden schließlich zahlreiche "einfache Beatmungsgeräte" entwickelt und von ärztlichem und paramedizinischem Personal erprobt. Verschiedenartige Funktionsanalysen dieser Beatmungsbeutel und -bälle wurden publiziert, und die Untersuchungen von GALLOY (8) zeigen die Limitationen der einzelnen Geräte.

Ein wichtiger Parameter wurde bisher nur unzureichend unter notfallsimulierenden Bedingungen untersucht: die Möglichkeit, mit Hilfe dieser einfachen Beatmungsgeräte dem Notfallpatienten ausreichende inspiratorische Sauerstoffmengen anzubieten.

NUNN (15) veröffentlichte aufgrund tierexperimenteller Untersuchungen 1969, daß lediglich eine inspiratorische O_2 -Fraktion von 0,3 (= 30 % inspiratorische O_2 -Konzentration) während der Reanimation erzielt werden muß. Höhere inspiratorische O_2 -Werte würden die Überlebensrate im Tierversuch nicht erhöhen.

Betrachtet man das Konzept des "verfügbaren Sauerstoffs" ("concept of oxygen availability") von NUNN und FREEMAN (15), so wird in einem Überblick deutlich, daß der Sauerstofftransport in der Zeiteinheit im wesentlichen

durch drei variable Faktoren bestimmt wird: das Herzzeitvolumen, die Hämoglobin-Konzentration und die arterielle Sauerstoff-Sättigung.

In einer Formel zusammengefaßt:

$$\text{O}_2/\text{min}^+) = Q \times \frac{1,34 \times \text{Hb} \times \text{SaO}_2 + 0,003 \times \text{PaO}_2}{100}$$

(Q = Herzzeitvolumen in ml/min; 1,34 = Sauerstoffkapazität des Hämoglobins in ml/g; Hb = Hämoglobin in g/100 ml Blut; SaO₂ = Sauerstoff-Sättigung des Hämoglobins im arteriellen Blut; 0,003 = ml O₂, der im Plasma von 100 ml Blut/Torr Sauerstoffspannung gelöst ist).

Das Konzept des verfügbaren Sauerstoffs macht die Abhängigkeit der einzelnen Faktoren voneinander deutlich.

Im Notfallgeschehen wird das Herzzeitvolumen oft stark reduziert (z. B. akute Blutungen, Reduzierung des venösen Rückstromes durch Erhöhung des intrathorakalen Mitteldrucks), der Hämoglobin-Gehalt erniedrigt (z. B. Hämorrhagie) oder ineffektiv (z. B. Methoxyhämoglobin- oder Carboxyhämoglobinbildung) sein.

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit besonders wichtig ist die Erniedrigung der arteriellen Sauerstoff-Sättigung.

Diese ist zurückzuführen auf eine Abnahme der arteriellen Sauerstoff-Spannung und/oder die Erhöhung des alveolo-arteriellen O₂-Druckgradienten (AaD_{O₂}). Der alveoläre O₂-
+) "verfügbarer O₂ pro Minute"

Druck ist zumeist erniedrigt aufgrund einer Hypoventilation oder der Einatmung hypoxischer Gasgemische. Eine Vergrößerung der alveolo-arteriellen Druckdifferenz ist das Ergebnis von Diffusionsproblemen, Ventilations-Perfusions-Störungen und besonders Shuntbildungen.

Die eingeschränkte Oxygenisierung des Notfallpatienten ist daher wesentlich abhängig von dem Herzzeitvolumen, dem Hämoglobingehalt und der Shuntblutmenge.

Der Effekt einer ventilatorischen Verteilungsstörung kann in der Mehrzahl der Fälle durch Erhöhung der inspiratorischen O_2 -Konzentration auf 30 Vol % (bei normalem Hämoglobingehalt und Herzzeitvolumen) beseitigt werden. Eine niedrige O_2 -Sättigung bei ausgeprägter Hypoventilation kann fast immer mit inspiratorischen O_2 -Konzentrationen von 21 bis 30 Vol % behandelt werden. Sauerstoffkonzentrationen von 40 Vol % kompensieren einen Shunt von 10 %, und 70 Vol % O_2 ist notwendig für die Therapie eines Shunts von 20 %. Selbst 100 Vol % Sauerstoff reicht bei Atmosphärendruck nicht aus zur Beseitigung eines 50 %igen Shuntanteils.

Aufgrund dieser theoretischen Erwägungen und der klinischen Erfahrung muß die Forderung an empfehlenswerte einfache Beatmungsgeräte gestellt werden:

Erzielung von höchstmöglichen inspiratorischen O_2 -Konzentrationen bei möglichst geringer O_2 -Zufuhr.

In der vorliegenden Arbeit sollen daher Beatmungsbeutel bzw. -bälle vergleichend untersucht und folgende Fragen beantwortet werden:

1. Welche Beatmungsvolumina erreichen die einzelnen Geräte bei einem O_2 -Zufluß von 3, 6, 9 und 12 l/min ?
2. Welche Beatmungsdrucke entstehen bei dieser Beatmung?
3. Welche O_2 -Konzentrationen (in den Beatmungsvolumina) erzielen die Geräte bei einem O_2 -Flow von 3, 6, 9 und 12 l/min ?
4. Gibt es bei den Beatmungsbeuteln/-bällen Unterschiede zwischen den errechneten maximal erreichbaren und den tatsächlich erzielten Sauerstoffkonzentrationen ?
5. Wie verhalten sich die Ausatemventile unter einem O_2 -Flow von 3, 6, 9 und 12 l O_2 /min ohne Beatmung ?

II. Eigene Untersuchungen

=====

1. Einführung

Alle in unserer Untersuchungsreihe getesteten Beatmungsgeräte sind mit einer Vorrichtung zur Sauerstoffaufnahme versehen.

Man kann drei Arten der O_2 -Zufuhr unterscheiden:

- a) Geräte mit O_2 -Einströmung direkt in den Beatmungsbeutel/-ball,
- b) Geräte mit O_2 -Flow in ein Reservoir, das dem Ansaugventil vorgeschaltet ist und
- c) Geräte mit O_2 -Zufuhr vor das Luftansaugventil.

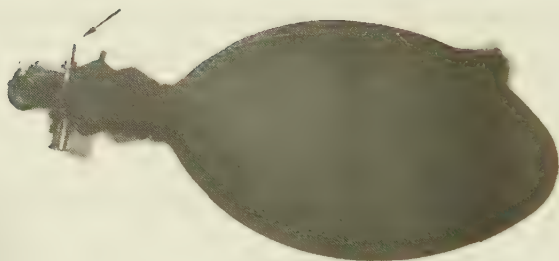
ad a)

Ambu (Ambu International, Kopenhagen, Dänemark)



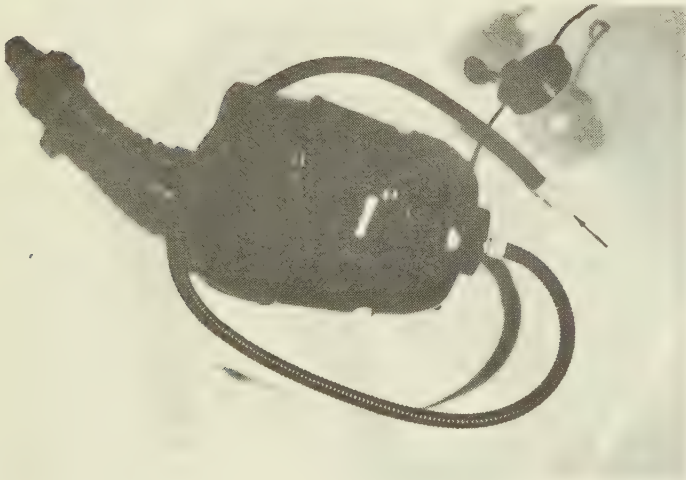
Ein neben dem Luft-Einlaßventil angebrachter Sauerstoffstutzen (Metallröhrchen) ermöglicht die Sauerstoffzufuhr in den Beutel (s. Pfeil Abb. 1).

Air Viva (Commonwealth Industrial Gases, London)



Bei diesem Beatmungsball wird der zuleitende Sauerstoffschlauch an einem Metallnippel des Luft-Einlaßventils befestigt. Über ein sichtbares Plastikröhrchen wird die O_2 -Zufuhr direkt in den Beutel gewährleistet (s. Pfeil Abb. 2).

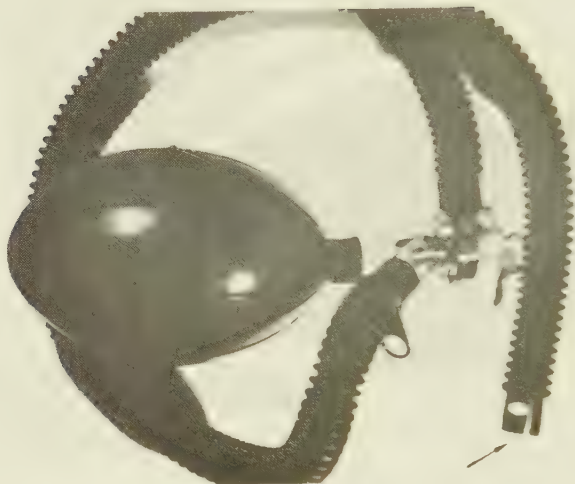
Ox Vital (L. Miczka KG, Marl, Deutschland)



Die Gesamtfläche des Luft-Ansaugventils läßt sich mit einer Plastikkappe mit zentraler Öffnung für eine O_2 -Zuleitung verschließen. Der Sauerstoff gelangt somit ohne Luftzumischung direkt in den Beatmungsball. In unserer Versuchsanordnung wurde Sauerstoff ohne den Verschluß der Plastikkappe über den mitgelieferten Plastikschauch zugeführt (s. Pfeil Abb. 3).

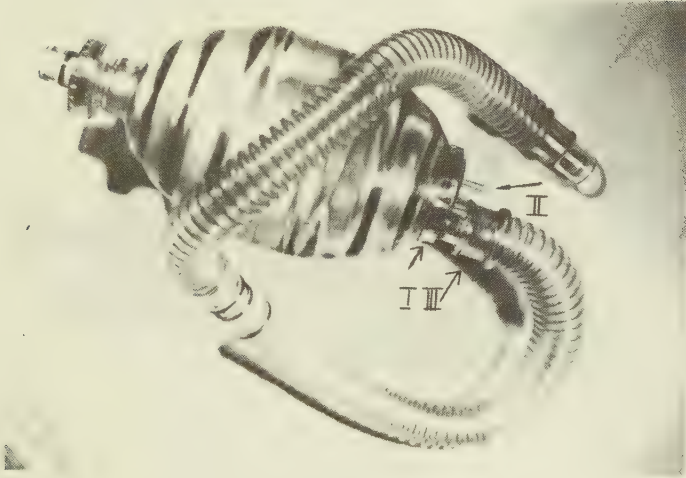
Ad b)

Aga (Aga Aktiebolag, Lidköping, Schweden)



Der Sauerstoff wird in ein Faltenschlauch-Reservoir geleitet. Der O_2 -zuführende Schlauch wird durch das Reservoir eingeführt und an ein Kunststoffröhrchen vor dem Ansaugventil aufgesteckt. Das zugeführte Sauerstoffvolumen und das Beatmungsvolumen bestimmen die Sauerstoffkonzentrationen in diesem Reservoir (das Volumen des Reservoirs ist durch den mitgelieferten Schlauch vorbestimmt) (s. Pfeil Abb. 4).

Laerdal Faltball (Asmund S. Laerdal, Stavanger, Norwegen)



Vor dem Luft-Ansaugventil dieses Beatmungsballs befindet sich ein aufschraubbares Plastikgehäuse (s. Pfeil I) mit zwei Schlauchadaptatoren. Der kleinere Adapter dient der Sauerstoffzufuhr (s. Pfeil II). An dem großlumigeren Adapter können Reservoirschläuche verschiedenen Volumeninhaltes angebracht werden (s. Pfeil III) (Abb. 5).

ad c)

Draeger (Draeger-Werke, Lübeck)



Vor der Mitte des Ansaugventils befindet sich im Abstand von wenigen Millimetern ein Metallnippel zum Anschluß des O_2 -Zufuhrschlauches (s. Pfeil Abb. 6).

Von der Konstruktion des Draeger-Balles her ist jedoch die Vorschaltung eines Reservoirschlauches in der gleichen Weise möglich wie bei dem Laerdal-Ball (es können die Laerdal-Verschlußkappe und die Reservoirschläuche benutzt werden).

Gnom (altes Modell) (W. Söhngen GmbH, Wiesbaden)



Bei diesem Gnom-Modell befindet sich das Luftansaugventil an der Seite des Balles in Beatmungsventilnähe. Vor dem Luftansaugventil erfolgt die O_2 -Zufuhr (s. Pfeil Abb. 7).

Gnom (neues Modell) (W. Söhngen GmbH, Wiesbaden)



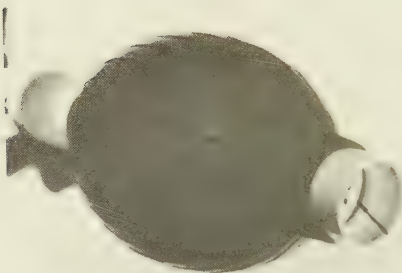
Bei diesem Modell wird der Sauerstoff in den dem Beatmungsventil entgegengesetzten Teil des Gerätes vor das Luftansaugventil geleitet (s. Pfeil Abb.8).

Hope Resuscitator (Ohio Chemical and Surgical
Equipment Co., Madison, Wisconsin, USA)



Hier wird ebenfalls der Sauerstoff vor die Membran des Ansaugventils geführt, aber lediglich vor einen Ausschnitt desselben, da die Membran ringförmig das gesamte Ventil umgibt (s. Pfeil Abb. 9).

Vitalograph (LTD, England)



Der O_2 -Zuführungsschlauch wird an einem dünnwandigen Plastiknippel unmittelbar vor der Mitte des Luftansaugventils befestigt (s. Pfeil Abb. 10).

Da die bei den verschiedenen O_2 -Flows erzielbare inspiratorische Sauerstoffkonzentration zunächst von den Variablen: Atemfrequenz, Inspirations-/Expirations-Verhältnis, Lungen-Thorax-Compliance, Handgröße und Geübtheit des Beatmers abhängt, werden in den vorliegenden Untersuchungen nach zahlreichen Vorversuchen, unter Berücksichtigung notfallmedizinischer Faktoren, folgende Größen konstant gehalten:

1. Compliance = 0,020 l/cm H_2O
2. Beatmungsfrequenz = 15/min
3. Verhältnis Inspiration/Expiration = 1 : 2
4. Drei Beatmer, die sich in ihrer Geübtheit und der Größe ihrer Handflächen unterscheiden.

Die Sauerstoffzufuhr sollte denen in der klinischen Praxis benutzten Volumina entsprechen. Wir wählten daher O_2 -Flows von 3, 6, 9 und 12 l/min.

2. Versuchsaufbau

Eine 50 l Glasflasche dient als Lungenmodell. Nach Einfüllen von Wasser wird mit einer Eckspritze (1 l) und einem kalibriertem Manometer eine Compliance von 0,020 l/cm H₂O eingestellt.

In dieses Lungenmodell wird ein 6 l fassender Plastikbeutel (etwa der Totalkapazität der menschlichen Lunge entsprechend) eingeführt. Alle Beatmungen werden später in diesen Beutel hinein durchgeführt.

Die Beatmungsfrequenz von 15 Atemzügen pro Minute und das Inspirations-Expirations-Verhältnis 1 : 2 werden durch das Abhören der "Beatmungsgeräusche" eines Engström-Respirators (Tonbandaufnahme) konstant gehalten.

Als Beatmer stellen sich ein erfahrener Anaesthesist (Handgröße 168,6cm²), ein Laie mit kleiner Handfläche (163,9cm²) und ein ungeübter Beatmer mit großer Handfläche (192,3cm²) zur Verfügung.

Die Messung des Beatmungsvolumens in Milliliter erfolgt pneumotachographisch mit entsprechenden Verstärkern und Integratoren der Pneumotest-Anlage der Fa. P. Jaeger, Würzburg.

Die Drucke (cm H₂O) während der Beatmung und während der Sauerstoffzufuhr ohne Beatmung werden mittels elektronischem Druckwandler und Verstärker ermittelt.

Die O₂-Konzentrationen (Vol. %) in dem obengenannten Plastikbeutel werden massenspektrometrisch (Massenspektrometer MAT 3, Fa. Varian Mat, Bremen) bestimmt (Abb. 11 a).

Zur Kontrolle der Exaktheit der Sauerstoffmessungen wird der Stickstoffgehalt (Vol %) in dem Gasgemisch mit einem Nitrolyzer (Fa. Jaeger, Würzburg) analysiert.

Volumina, Drucke und Gaskonzentrationen werden auf einem Mehrkanalschreiber (Fa. Liechti, Bern) gleichzeitig registriert (Abb. 11 b). Die Berechnung der abgelesenen Größen erfolgte während und nach den Versuchen aus diesen Aufzeichnungen.

Die Sauerstoffvolumina werden über ein kalibriertes Flowmeter (Fa. Draeger, Lübeck) den Atembeuteln/-bällen zugeführt.

Abb. 12 zeigt ein Schema des Versuchsaufbaues.

3. Versuchsdurchführung

Die 10 Beatmungsbeutel/-balle werden in unterschiedlicher Reihenfolge bei den verschiedenen Sauerstoff-Flows (3, 6, 9 und 12 l O₂/min) geprüft.

Unter den genannten Beatmungs- und Messbedingungen wird jeweils die Beatmung mit den einzelnen Geräten solange durchgeführt, bis konstant bleibende Sauerstoffkonzentrationen in dem Lungenmodell erreicht werden.

Zur Prüfung der Auswirkungen des zugeführten Sauerstoffs auf die Lunge ohne Beatmung in Form einer Öffnung der Beatmungsventile mit steigendem O₂-Flow wird die O₂-Zufuhr nach Erreichen konstanter Bedingungen jeweils um 1 l O₂/min, bis zu einem Maximum von 12 l O₂/min erhöht. Ein im Lungenmodell auftretender Druck läßt auf eine Öffnung des Beatmungsventils schließen.

4. Ergebnisse

Unsere Untersuchungsergebnisse für die einzelnen Beatmungsbeutel/-bälle werden in den Tabellen I - XII und den Abbildungen 13 - 24 dargestellt.

Tabellen I - X

Hier sind jeweils die Mittelwerte der Beatmungsvolumina, Beatmungsdrucke und O₂-Konzentrationen bei 3, 6, 9 und 12 l O₂-Zufuhr der einzelnen Beatmer und die Mittelwerte der drei Beatmer zusammen ($\frac{I+II+III}{3}$) wiedergegeben.

a) Beatmungsvolumina

Die Beatmungsvolumina sind bei den Beuteln/-bällen Ambu, Ox Vital und Air viva deutlich abhängig von dem zugeführten Sauerstoffvolumen.

Die höchsten Volumenwerte bei einer Frequenz von 15 Atemzügen pro Minute und einer Compliance von 0,020 l/cm H₂O erzielt Ambu, der mit zunehmendem O₂-Flow 880 ml - 1100 ml Beatmungsvolumen erreicht.

Werte um 800 ml - 900 ml werden registriert für die Beatmungsgeräte Aga, Draeger, Hope, Ox Vital und Laerdal.

Zwischen 700 und 800 ml liegen die Beatmungsbälle Air Viva, Gnom neu und Vitalograph.

Den niedrigsten Wert erzielt Gnom alt mit 430 ml pro Beatmung.

Eine Vergrößerung des Beatmungsvolumens mit steigender Sauerstoffzufuhr wird bei den Beatmungsgeräten beobachtet, bei denen Sauerstoff direkt in das Gerät geleitet wird.

Der Beatmungsvolumenunterschied zwischen den Werten bei einem O_2 -Flow von jeweils 3 l/min und 12 l/min beträgt bei Ambu und Ox Vital 200 ml, bei Air Viva 100 ml. Bei den restlichen Beuteln wird kein wesentlicher Anstieg der Volumina verzeichnet.

b) Beatmungsdrucke

Die erreichten Druckmittelwerte liegen bei den vier Versuchsreihen in einer Größenordnung zwischen 27,5 und 31,8 cm H₂O. Lediglich der Beil "Gnom alt" erzielt Werte um 38 cm H₂O. Die Drücke steigen mit zunehmendem O_2 -Zufluß von 3 l/min auf 12 l/min um 1 - 2 cm Wassersäule.

Bei den "unserierten Beuteln" mit kleiner Handfläche entsteht bei Air Viva unter einem O_2 -Flow von 12 l/min und einem Beatmungsvolumen von 686 ml ein konstanter Druck in der künstlichen Lunge von 20 cm H₂O.

Das Ventil des Ox Vital schlägt bei 32 cm H₂O zeitweise durch. Zur Weiterbeatmung mußte das Ventil repariert werden.

c) Sauerstoffkonzentrationen

In der Abbildung 3 werden die erzielten O_2 -Konzentrationen bei den O_2 -Flows 3, 6, 9 und 12 l/min vergleichend dargestellt. Numerisch liegen die Volumen %-Angaben bei einer O_2 -Zufuhr von 3 l/min zwischen 27 und 49 Vol % O_2

6 l/min zwischen 31 und 65 Vol % O_2

9 l/min zwischen 43 und 68 Vol % O_2

12 l/min zwischen 36 und 74 Vol % O_2 (Abb.13).

Bei den vier Untersuchungsgängen erreichen die Bälle Air Viva und Ox Vital bei einem O_2 -Flow von 3 l/min 49 Vol % bzw. 41 Vol %, bei einem Flow von 6 l/min 65 Vol % bzw. 54 Vol % und bei einem O_2 -Flow von 12 l/min 74 Vol % die höchsten Konzentrationen.

Es folgen die Beutel Ambu mit maximal 68 Vol %, Aga mit 65 Vol % und Laerdal mit 61 Vol %.

Die niedrigsten O_2 -Werte erzielten bei einem O_2 -Flow von 12 l/min die Bälle Hope mit 45 Vol %, Vitalograph mit 39 Vol %, Gnom alt und Gnom neu um 40 Vol % und Draeger mit 36 Vol %.

Es wird ersichtlich, daß sich zwei Gruppen von Beatmungsgeräten unterscheiden:

Zur ersten Gruppe zählen der Beutel Ambu und die Bälle Air Viva, Ox Vital, Aga und Laerdal, bei denen, wie schon

in der Einleitung erhalten, der Sauerstoff direkt in das Gerät oder in ein Reservoir geleitet wird.

Die zweite Gruppe, bestehend aus Hope, Vitalograph, Gnom neu, Gnom alt und Draeger erzielt untereinander annähernd gleiche Werte. Bei diesen Geräten erfolgt die O_2 -Zufuhr vor das Luftansaugventil, sie besitzen kein Reservoir.

Die O_2 -Konzentrationen stehen mit ansteigendem O_2 -Flow in den Bereich 3 l/min - 12 l/min in einem linearen Zusammenhang ($p = 0,01$). Abbildungen 14 - 24 zeigen die entsprechenden Regressionsgeraden. Bei Air Viva, Ox Vital, Ambu, Laerdal und Aga ist ein steiler, linearer Anstieg der O_2 -Konzentration mit zunehmendem O_2 -Flow zu verzeichnen.

Bei Draeger, Gnom alt, Gnom neu, Hope und Vitalograph ergab sich eine geringere Steigung. Abbildung 14 bestätigt nochmals die Unterscheidung der Beutel und Balle in zwei Gruppen nach der Art der Sauerstoffzufuhr.

d) Effektivität der Sauerstoff-Ausnutzung

Zur Überprüfung wie effektiv die angebotene O_2 -Menge bei den einzelnen Beuteln genutzt wird, werden die erreichten O_2 -Konzentrationen, den bei den verschiedenen Flows errechneten Konzentrationen bei theoretisch voller Ausnutzung des angebotenen Sauerstoffs, gegenübergestellt (Tab. XI). Die Differenz zwischen den im Versuch erzielten und den theoretisch ermittelten Werten kann als Maß für die Effektivität des Balles oder Beutels gewertet werden.

Tabelle XI zeigt, daß mit steigendem O_2 -Flow die angebotene Sauerstoffmenge nicht voll genutzt wird.

Durch sehr gute Nutzung des angebotenen Sauerstoffs zeichnet sich der Ambubeutel aus. Bei einem O_2 -Flow von 12 l/min beträgt der Unterschied zwischen der errechneten O_2 -Konzentration und der tatsächlich gemessenen nur 10 Vol %. Bei Aga, Air Viva, Laerdal und Ox Vital liegt bei gleichem O_2 -Flow dieser Unterschied zwischen 25 und 35 Vol % Sauerstoff.

Bei den übrigen Beatmungsbällen wird in allen vier Versuchsreihen nur die Hälfte des zur Verfügung gestellten Sauerstoffs genutzt.

e) Funktion der Beatmungsventile

Wird den einzelnen Beatmungsgeräten Sauerstoff zugeführt, ohne daß gleichzeitig beatmet wird, so sind die in Tabelle XII wiedergegebenen Rückwirkungen zu erwarten.

Die Beatmungsgeräte Ambu mit Ruben-Ventil, Ox Vital und Vitalograph lassen durch Öffnen ihrer Beatmungsventile bei einem O_2 -Flow bis zu 12 l/min Drucke bis zu 4 cm Wassersäule in dem Lungenmodell entstehen. Der Laerdal-Faltball erreicht diesen Druck bereits bei einem Sauerstoff-Flow von etwa 8 l/min.

Ohne Druckauswirkungen auf die Lunge blieben die Geräte: Aga, Air Viva, Ambu mit E-Ventil, Draeger, Hope, Gnom alt und Gnom neu.

5. Statistische Auswertung

Bildung des Typenmittelwertes aus den Mittelwerten der drei Beatmer

Um die ermittelten Volumina, Drucke und O_2 -Konzentrationen bei unterschiedlichen O_2 -Flows miteinander vergleichen zu können, wurde aus den entsprechenden Mittelwerten der Typenmittelwert errechnet. Er ist das arithmetische Mittel aus den Mittelwerten der drei Beatmer.

$$\bar{x}_1 = \frac{\bar{x}_{1,1} + \bar{x}_{1,2} + \bar{x}_{1,3}}{3}$$

In den Tabellen (Nr. I bis Nr. X) sind unter I, II und III die Mittelwerte der einzelnen Probanden aufgezeigt, weiter der errechnete Typenmittelwert mit den Standardabweichungen.

Statistische Auswertung der C_2 -Konzentrationsmessung

Das Ziel dieser statistischen Auswertung ist die Beurteilung der Mittelwertdifferenzen der bei den verschiedenen Beatmungsbeuteln/-ballen erreichten C_2 -Konzentrationen.

Die Messergebnisse werden zunächst einer doppelten Varianzanalyse unterzogen.

Sinn der doppelten Varianzanalyse ist die Gesamtstreuung zu zerlegen in die Unterschiede zwischen den 10 Beuteln/Bällen und den drei Beatmern.

Beispiel für die doppelte Varianzanalyse

O₂-Konzentrationen bei einem O₂-Flow von 3 l pro Minute

Beutel/Bälle -	B e a t m e r				
	I	II	III	$\bar{x}$	S
Ambu	36,0	35,06	37,72	36,26	1,34
Air Viva	45,8	52,6	50,16	49,52	3,44
Ox Vital	40,5	44,25	39,75	41,5	2,25
Aga	38,1	36,75	38,25	37,7	1,5
Laerdal	36,0	39,17	39,17	38,11	1,83
Draeger	27,7	30,0	31,5	29,73	1,91
Gnom alt	28,1	31,53	27,6	29,07	2,13
Gnom neu	27,0	30,0	28,5	28,5	1,5
Hope	26,25	28,5	27,32	27,35	1,12
Vitalograph	27,0	25,5	30,75	27,75	2,7
$\bar{x}$	33,24	35,33	35,07		
S	6,93	8,22	7,25		

Dann erfolgt die Berechnung von Konfidenzintervallen für die benötigten Mittelwertkontraste nach dem TUKEY-Verfahren (17).

Bezüglich näherer Einzelheiten der benutzten statistischen Verfahren sei auf die Fachliteratur verwiesen (17).

Einige Anmerkungen zur Erklärung der Ergebnistabellen sind jedoch notwendig:

Die Varianzanalyse eliminiert aus der Gesamtstreuung der Meßergebnisse die Streuung einzelner Einflußgrößen (Ursache) und beurteilt diese unabhängig voneinander. In der ersten Spalte der Varianzanalysetabelle (Tab. XIII) werden diese Ursachen aufgeführt. Die zweite Spalte (Summe der Abweichungsquadrate SAQ) enthält die entsprechenden Anteile der Gesamtstreuung. Die Division der SAQ durch die sogenannten Freiheitsgrade (FG, dritte Spalte) führt zu den mittleren Abweichungsquadraten (MAQ , Spalte 4), die das eigentliche Streuungsmaß darstellen. Im F-Test (17) wird geprüft (Spalte 5 und 6), ob dieser Streuungsanteil wesentlich größer ist als nach der Versuchsstreuung zu erwarten ist. Die Beurteilung der errechneten F-Werte erfolgt nach Festsetzung einer geeigneten Irrtumswahrscheinlichkeit p durch Vergleich mit den tabulierten Werten. Ist der berechnete Wert größer als der entsprechende Tabellen-F-Wert, so liegt eine Signifikanz von 0,1 %, 1 % bzw. 5 % vor.

Hat der F-Test ergeben, daß zwischen den Mittelwerten signifikante Unterschiede bestehen, so kann nicht ohne weiteres geschlossen werden, daß zwei bestimmte Mittelwerte sich

unterscheiden. Sollen bestimmte Mittelwertsdifferenzen beurteilt werden, so werden Konfidenzintervalle berechnet (Tab. XIV / XV):

Die hier benutzten von TUKEY (17) angegebenen Konfidenzintervalle haben die Form

$$\hat{L} - \sqrt{\frac{MAQ_N}{r}} q_{1-p/k/f} \leq L \leq L + \sqrt{\frac{MAQ_N}{r}} q_{1-p/k/f}$$

$\hat{L}$ ist die zu beurteilende Mittelwertsdifferenz

L ist die entsprechende Differenz der Grundgesamtheit

$\frac{MAQ_N}{r}$ ist die Varianz für den TUKEY-Vergleich, MAQ_N ist das aus der Varianzanalysentabelle entnommene MAQ für den Nenner im F-Test.

r ist die Anzahl der jedem Mittelwert zugrunde liegenden Einzelmessungen.

$q_{1-p/k/f}$ ist die obere Signifikanzschranke des studentisierten Extrembereiches.

$1-p$ ist die Sicherheitswahrscheinlichkeit, k die Anzahl der Mittelwerte und f die Anzahl der Freiheitsgrade von MAQ_N .

Korrelationstest zur Errechnung des Anstieges der
O₂-Konzentration mit zunehmendem O₂-Flow bei den
verschiedenen Beuteln

Zur Prüfung, ob zwischen den erreichten O₂-Konzentrationen bei den einzelnen Beuteln und einem O₂-Flow von 3, 6, 9 und 12 l/min ein linearer Zusammenhang besteht, wurde der Korrelationskoeffizient gebildet. Er errechnet sich aus den bei den Versuchen gewonnenen Wertepaaren der drei Beatmer (x_i, y_i) i=1, 2, ... n

x_i ist der O₂-Flow, mit dem beatmet wird (3, 6, 9, 12 l/min)

y_i ist die dabei erreichte O₂-Konzentration (Vol%).

Aus den 12 Wertepaaren wird der Mittelwert gebildet nach der Formel:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n$$

aus den gefundenen Mittelwerten deren Standardabweichung nach der Formel:

$$s_x = \sqrt{s_{xx} / (n-1)}$$

$$s_y = \sqrt{s_{yy} / (n-1)}$$

aus

$$s_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

und
$$s_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

errechnet sich der Korrelationskoeffizient nach der Formel

$$r = \frac{s_{xy}}{\sqrt{s_{xx} s_{yy}}}$$

mit
$$s_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})$$

errechnet sich der Regressionskoeffizient

$$b = s_{xy} / s_{xx}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Hieraus ergeben sich die Funktionswerte der Regressionsgeraden

$$y' = a + bx \text{ an vorzugebender Stützstelle } x$$

Liegt der Korrelationskoeffizient über dem Zahlenwert 0,7079, so besteht zwischen den Wertepaaren ein signifikanter, linearer Zusammenhang mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 %. Liegt der Korrelationskoeffizient über dem Zahlenwert 0,8233, so liegt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 % vor. Die Anzahl der Wertepaare beträgt 12.

Die Ergebnisse des Korrelationstestes sind in der Tabelle XVI beschrieben.

III. Diskussion

=====

Geht man von unseren Darstellungen in der Einleitung aus, so sollten einfache Beatmungsgeräte mit einer möglichst niedrigen O_2 -Zufuhr (l/min) eine Beatmung mit 80 - 100 Vol % Sauerstoff gestatten. Diese Auffassung teilt die Schweizerische Ärztekommision für Notfallhilfe und Rettungswesen (18), wenn sie fordert: "Ein Beatmungsgerät ist nur wirksam, wenn es die Beatmung mit Medizinalsauerstoff ermöglicht." Weiter verlangen sie: "Wenn eine Beatmung mit 100 % O_2 für den Patienten erforderlich ist, muß das Gerät die erforderliche Sauerstoffmenge auch tatsächlich zuführen können."

Auch DUDZIAK und DUMONT (7) fordern, daß bei Wiederbelebungsmaßnahmen mit einem möglichst hohen O_2 -Partialdruck beatmet werden soll. Sie berufen sich auf tierexperimentelle Untersuchungen von MODELL (14), der bei fast ertrunkenen Tieren unter einer Beatmung mit reinem Sauerstoff einen arteriellen PO_2 von 43 Torr fand, der einem Rechts-Links-Shunt von 56 % des Herzzeitvolumens entspricht. Ohne diese hohen Konzentrationen (100 % O_2) würde sicherlich eine Reihe von Tieren nicht überleben.

Auch AHNEFELD (3) verlangt im Stadium der zweiten Hilfe die größtmögliche O_2 -Konzentration.

In zahlreichen Veröffentlichungen wurden die erreichten Sauerstoffkonzentrationen bei der Prüfung einfacher Beatmungsgeräte beschrieben. Die Unterschiede bei den Meßergebnissen sind auffallend groß. Die Variabilität der Resultate soll an dem Beispiel eines Gerätes verdeutlicht werden.

W.F. KARL (12) untersuchte den Ambu-Beutel und kam zu dem Ergebnis, daß dieser kein Gerät zur ausreichenden O_2 -Zufuhr darstellt. Nach seinen Angaben können bei einem O_2 -Flow von 15 l/min maximal Konzentrationen von 46 Vol % Sauerstoff erreicht werden.

FRANKE, EMMERICH und AHNEFELD (2) führten bei verschiedenen Beuteln Untersuchungen unter Sauerstoffzufuhr durch, jedoch lediglich mit einem O_2 -Flow von 3 l/min. Hier erreichte Ambu 26 Vol %.

WHITE, GILLES und POLK (19) stellen für dieses Gerät bei einer O_2 -Zufuhr von 10 l/min die Konzentration von 39 Vol % Sauerstoff fest.

Anderer Auffassung sind CARDEN und BERNSTEIN (6), wenn sie bei gleicher O_2 -Zufuhr Werte von annähernd 80 % bei Ambu messen und DUDZIAK (7), der bei 12 l O_2 /min sogar eine Konzentration von 94 Vol % bestimmt haben will.

Es darf davon ausgegangen werden, daß die erwähnten deutlichen Differenzen auf Unterschiede in der Meßanordnung

zurückzuführen sind. Alle Beatmungsbeutel/-bälle müssen unter einheitlichen, den klinischen bzw. Notfallsituationen angepaßten Bedingungen untersucht werden.

Wesentlich bei solchen Darstellungen ist die Berücksichtigung der Lungen-Thorax-Dehnbarkeit, die bei vielen Arten von Traumen und Erkrankungen (Aspirationen, Lungenödem, Atelektasen etc.) deutlich erniedrigt ist. Nach Untersuchungen von GALLOY (8) beträgt der Unterschied des Beatmungsvolumens pro Atemzug unter Beatmung mit einfachen Beatmungsbeuteln/-bällen zwischen einer Compliance von 0,050 l/cm H₂O (gesunde Lunge) und 0,020 l/cm H₂O im Durchschnitt 200 - 300 ml.

Aus unseren Untersuchungsergebnissen geht eindeutig hervor, daß die 10 geprüften Beatmungsgeräte in zwei Gruppen eingeteilt werden können:

<u>Gruppe I</u>	<u>Gruppe II</u>
Air Viva	Draeger (ohne Reservoir)
Aga	Gnom alt
Ambu	Gnom neu
Laerdal	Hope
Ox Vital	Vitalograph

Geht man von dem Kriterium einer höchstmöglichen inspiratorischen O₂-Konzentration aus, so kommen nur die Beutel und Bälle der Gruppe I für den klinischen und Notfallgebrauch in Betracht.

Zu dieser Gruppe zählen die Beatmungshilfen mit der O_2 -Zufuhr direkt in den Beutel oder in ein Reservoir vor das Ansaugventil.

Die O_2 -Zufuhr unmittelbar in den Beutel/Ball wird zwar von GORDON (9) nicht befürwortet, da ein Überdruck in dem Gerät und in der Lunge befürchtet wird. Er bevorzugt die Beutel mit O_2 -Zufuhr vor das Ventil.

Überdruck im System und Blockieren der Ventile bei den Geräten mit direkter O_2 -Zufuhr traten bei unseren zahlreichen Untersuchungen außer bei Air Viva und Ox Vital bei keinem Gerät auf.

Bei Ox Vital "schlägt bei einem O_2 -Flow von 12 l/min während der Beatmung zeitweise das Ventil durch." Ursache dafür ist ein Verhaken der Flapper-Membran in der Ventilverhalterung.

Bei Air Viva entsteht bei kleiner Handfläche bei einem O_2 -Flow von 12 l/min ein konstanter Druck von 20 cm H_2O im Lungensystem. Hier ist der Grund ein relativ kleines Beatmungsvolumen, das das angebotene O_2 -Luft-Gemisch nicht bewältigt. Durch den entstehenden Druck im Beutel öffnet sich das Atemventil und der hohe Druck wird auf die Lunge übertragen.

Völlig ausgeschlossen ist ein Blockieren des Ventils durch steigenden O_2 -Flow bei den zwei Beuteln mit Reser-

voir, Laerdal und Ambu. Es soll angedeutet werden, daß auch bei Draeger die Möglichkeit eines Reservoiranschlusses gegeben ist und untersucht wurde (5).

Nachteilig kann sich das Beatzten mit Reservoir auswirken, wenn im Geländeeinsatz der Faltenschlauch auf dem Boden liegt und so Schmutzteilchen in den Beutel gelangen können.

Bei dem Aga-Ball ist das Anbringen des O_2 -zuführenden Schlauches erschwerend und umständlich, er muß durch das Reservoir "eingefädelt" werden. Zugleich lösen sich extrem leicht Reservoirschlauch und Schlauch vom Ball zur Maske. Auch die Gefahr der Verwechslung dieser beiden Zuführungen ist gegeben. Ein fester Anschluß und eine Markierung der Schläuche würden diese Nachteile beseitigen.

Laerdal und Aga erreichen mit 69 Vol % und 75 Vol % bei einem O_2 -Flow von 12 l/min fast annähernd die Konzentrationen wie Ambu (69 Vol %), Air Viva (73 Vol %) und Ox Vital (75 Vol %). Durch Vergrößerung des Reservoirs können nach WHITE et al. (19) mit Laerdal bei einem Reservoir von 1 Liter und einem klinisch zumeist irrelevanten O_2 -Flow von 20 l/min Konzentrationen bis 94 Vol % erreicht werden.

Konzentrationen von 100 Vol % Sauerstoff sind bei Ambu und Ox Vital möglich durch Verschluss der Luftansaugventile,

wobei ein O_2 -Flow zur Verfügung stehen muß, der größer ist als das geförderte Beatmungszeitvolumen.

Bei allen Geräten, bei denen Sauerstoff vor das Ventil geführt wird, liegen die O_2 -Konzentrationen bei maximal 40 Vol % bei einem O_2 -Flow von 12 l/min. Diese Resultate erscheinen im Vergleich zu Gruppe I sehr niedrig. Die angebotene O_2 -Menge wird nicht optimal genutzt (s. Tab. XI). Schon bei einem O_2 -Flow von 6 l/min gehen 50 % des angebotenen O_2 -Volumens verloren, was sich bei einem begrenzten Angebot, z. b. bei kleiner Sauerstoffflasche in Katastrophenfällen nachteilig auswirken wird.

Eine zusätzliche Wertung erlaubt die Regressionsgerade. Sie macht eine Aussage über den Anstieg der O_2 -Konzentration im Bereich der vorgegebenen O_2 -Zufuhr bei einer Beatmungsfrequenz von 15/min und einer Compliance von 0,020 l/cm H_2O . Auch hier bestätigt sich die Einteilung in zwei Gruppen, und es wird deutlich, daß ein lediglich auf die Ventilmembran gerichteter O_2 -Flow keine ausreichenden O_2 -Konzentrationen liefert.

Wie weiter aus den Ergebnissen ersichtlich ist, wird bei Beatmung mit einem O_2 -Flow von maximal 12 l/min und der Frequenz von 15/min der Druck von 32 cm H_2O von keinem Beutel überschritten. Der Druckanstieg in der Lunge mit steigendem O_2 -Zufluß ist sehr gering und läßt keine schädigende Wirkung auf das Atmungssystem erwarten. Sorgfältig-

tigste Beatmung sollte jedoch durchgeführt werden bei
extrem erhöhtem intrapulmonalem Druck, da sonst ein star-
ker Anstieg des intrapulmonalen Druckes der venöse Rück-
fluß stark beeinträchtigt oder zum Stillstand gebracht
würde.

Alle bei den Versuchen erreichten Volumina, außer bei
Gnom alt, liegen über 700 ml bei einer Compliance von
0,020 l/cm H₂O und einer Beatmungsfrequenz von 15/min.

GALLOY (8) fordert bei seinen vergleichenden Untersuchun-
gen einfacher Beatmungsgeräte ohne O₂-Zufuhr ein Mindest-
beatmungsvolumen von 500 ml. Dieser Wert ist bei unseren
Untersuchungen mit O₂-Zufuhr von allen Beatmern erreicht
worden, außer von Gnom alt. Die Unterschiede der Volumen-
werte bei den Versuchen mit und ohne O₂-Zufuhr liegen
zwischen 100 ml und 200 ml. Die Ursache für die höheren
Inspirationvolumina ist in der zusätzlichen Sauerstoff-
zufuhr zu sehen.

Eine vollständige Öffnung der Ventile bei O₂-Zufuhr wurde
festgestellt bei Ambu mit Ambu-Ventil, Laerdal, Ex Vital
und Vitalograph. Bei Laerdal wurde sie schon von CARDEN
und BERNSTEIN (6) bei einem O₂-Flow von 2 - 3 l/min er-
mittelt.

Bei unseren Versuchen entstanden bei einem O₂-Flow von
12 l/min Drücke von 2 cm H₂O im Lungensystem bei Ambu und

Vitalograph. Bei Ox Vital ist ein Druck von 4 cm Wassersäule und bei Laerdal von 14 cm Wassersäule gemessen worden. Dieser relativ hohe Wert hat seine Ursache in einer Materialermüdung der Ventilmembran, die durch dauernde Beanspruchung in Einatmungsstellung verhartete. Die Tatsache der selbsttätigen Öffnung wirkt sich jedoch während der Beatmung nicht nachteilig aus. Bei höherem O_2 -Flow muß allerdings befürchtet werden, daß ein entstehender Druck der Expiration entgegensteht.

Zwei Mängel seien noch erwähnt: Eine nach unserer Auffassung unnötige Konstruktion liegt bei Hope vor. Durch zwei Bohrungen im O_2 -Einlaßstutzen ist eine Vorrichtung geschaffen, die der Entstehung eines Überdruckes entgegenwirken soll. Dem ist allerdings schon Rechnung getragen, indem O_2 lediglich vor das Ansaugventil und nicht in den Beutel geführt wird.

Bei Vitalograph zeigt sich, daß das Plastikröhrchen im Zentrum des Ansaugventils, das zur Aufnahme des zuführenden Schlauches dient, einer ständigen Belastung nicht gewachsen war und abbrach.

Zieht man Bilanz aus diesen gewonnenen Eindrücken, so ist festzustellen:

1. Bis auf Gnom alt erreichen alle Beutel ein ausreichendes Atemvolumen.

2. Selbst bei einer Beatmung unter einem O_2 -Flow von 12 l/min geraten die Drucke in keinen gefährlichen Bereich. Auszuschließen ist aus oben aufgeführten Gründen Air Viva.
3. Die Forderung: Höchst mögliche inspiratorische O_2 -Konzentrationen bei möglichst geringer O_2 -Zufuhr werden solche Geräte gerecht, wo der Sauerstoff direkt in den Beatmungsball/-beutel oder in ein Reservoir geleitet wird.

Dies sind Air Viva, Ox Vital, Ambu, Laerdal und Aga.

Bei Ox Vital ist auf die beschriebene Insuffizienz des Flatterventils hinzuweisen und bei Air Viva auf den evtl. entstehenden Druck im Lungensystem. Hinzu kommt bei Air Viva eine relativ hohe Rückatmung, die auch von AHNEFELD et al. (2) beschrieben wird. Sie wird deutlich in unseren Versuchen bei Beatmung mit einem O_2 -Flow von 3 und 6 l, wo Air Viva eine höhere O_2 -Konzentration erreicht, als die errechnete (Tab. XI). Laerdal und Aga erreichen durch das Reservoir hohe Konzentrationen, die durch Vergrößerung desselben noch verbessert werden können. Die Reservoirschlauche bedeuten jedoch eine Einschränkung in der Handlichkeit. Eine handliche, sichere und komplikationslose Beatmungshilfe ist Ambu. Er erreicht mit fast 70 Vol % O_2 akzeptable Konzentrationen und nutzt den angebotenen Sauerstoff gut aus; er hat sich bei der Vielzahl von Untersuchungen als die günstigste Beatmungshilfe erwiesen.

IV. Schlußfolgerungen

=====

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, wie unterschiedlich die einzelnen Beatmungsbeutel/-bälle in Bezug auf ihre Wertigkeit der Reanimation mit O_2 -Zufuhr einzustufen sind. Dies unterstreicht die Forderung nach einer Norm zur Überprüfung dieser Geräte, denn nur so wird dem Arzt und dem Laienhelfer eine Möglichkeit gegeben, die geeignetste Beatmungshilfe zu wählen. Nach den vorliegenden Gesichtspunkten sollte verfahren werden:

Untersuchung

1. der Beatmungsvolumina
2. der Drucke
3. der O_2 -Konzentrationen
4. des Anstieges der O_2 -Konzentration
5. wie effektiv der angebotene Sauerstoff genutzt wird
6. der Ventile auf Undichtigkeit.

Die Versuche müssen unter gleichen Bedingungen (Methodik und Versuchsaufbau) durchgeführt werden, und es sollte nach klinischen Gesichtspunkten verfahren werden. Das heißt: Geeignete O_2 -Flows und Beatmungsfrequenzen und eine Compliance, die den physiologischen und pathophysiologischen Gegebenheiten gerecht wird.

V. Zusammenfassung

=====

In der vorliegenden Arbeit wurden die einfachen Beatmungshilfen ("Beatmungsbeutel/-bälle") Aga, Air Viva, Ambu, Draeger, Gnom alt, Gnom neu, Hope, Laerdal, Ox Vital und Vitalograph untersucht.

Die Versuche wurden mit drei Beatmern am notfallsimulierenden Lungenmodell (Pneumotachograph) durchgeführt. Die Beatmungsfrequenz betrug 15/min. bei einer Compliance von 0,020 l/cm H₂O, die O₂-Zufuhr 3, 6, 9 und 12 l/min. Die erreichten Konzentrationen lagen bei einem Flow von

3 l O₂/min zwischen 27 % und 49 %

6 l O₂/min zwischen 31 % und 65 %

9 l O₂/min zwischen 34 % und 68 %

12 l O₂/min zwischen 36 % und 74 %.

Die höchsten Konzentrationen erreichten Air Viva, Ox Vital, Ambu, Laerdal und Aga.

Bei Air Viva entstand bei einem Beatmer bei einem O₂-Flow von 12 l/O₂/min ein erhöhter Druck im System.

Bei Ox Vital stellten sich bei gleichem Flow Unzuverlässigkeiten des Ventils heraus.

Bei Laerdal war eine selbsttätige Öffnung des Ventils mit steigendem O_2 -Flow zu beobachten, bei Aga ist eine umständliche Handhabung zu kritisieren.

Bei den restlichen fünf Beuteln Draeger, Gnom alt, Gnom neu, Hope und Vitalograph wird der Sauerstoff vor das Ventil geleitet, die O_2 -Konzentrationen sind niedrig und der Wirkungsgrad gering. Schon bei einem O_2 -Flow von 6 l/min wird lediglich die Hälfte des angebotenen O_2 genutzt.

Bei allen Beuteln steigt die Sauerstoffkonzentration linear mit zunehmendem O_2 -Flow im Bereich von 3 l O_2 /min - 12 l O_2 /min an.

Die Drucke werden mit zunehmendem Flow etwas stärker, geraten jedoch in keinen gefährlichen Bereich.

Es ist kein verallgemeinerungsfähiger Schluß zu ziehen, da nur ein einzelnes Gerät einer jeden Marke getestet wurde.

VI. Literaturverzeichnis

=====

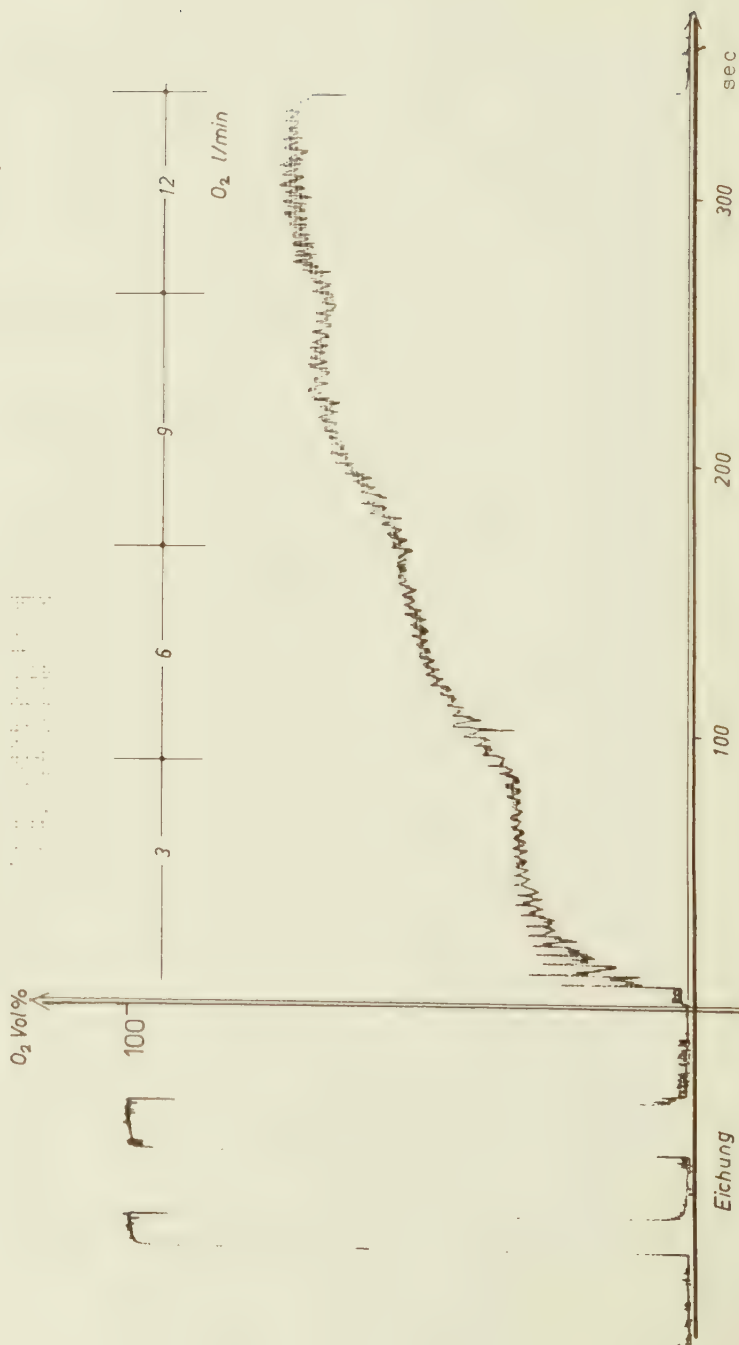
1. Air Viva Operating Instructions, The Commonwealth Industrial Gases Limited,
138 Bourke Road, Alexandria,
Australia Nr. KY 43 10/69
2. Ahnefeld, F.W. et al. Charakteristik verschiedener Beatmungsbeutel und -bälle.
Anaesthesist 17, 191-196 (1968)
3. Ahnefeld, F.W. In: Frey, R., Hügin, W., Mayrhofer, O., Lehrbuch der Anaesthesiologie. Berlin-Heidelberg, New York: Springer 1972
4. Ambu Gerätebeschreibung und Bedienungsanleitung Prospekt Nr. 4000T
5. Birt, R.C. The effects of addition of oxygen to various emergency inflating devices. Anaesthesia 20, 323-328 (1965)
6. Carden, E.,
M. Bernstein Investigation of the nine most commonly used resuscitator bags. JAMA 212, 589-592 (1970)
7. Dudziak, R.,
G. Dumont Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration (FiO_2) bei der Anwendung eines Beatmungsbeckels und -balles und ihre Bedeutung im Rahmen der Wiederbelegung. Z. prakt. Anaesth. 5, 285-292 (1969)
8. Galloy, W. Vergleichende Untersuchungen von einfachen Beatmungsgeräten. Med. Diss. Mainz 1975
9. Gordon, S. Cardiopulmonary Resuscitation Conference Proceedings, National Research Council (o.O.) 1966
10. Hope Operating and Maintenance Manual, Ohio Medical Products, 3030 Airco Drive, Madison, Wisconsin

11. Hügin, W. Gutachten über Laerdal, Firma Fricar AG, Medizinische Apparate und Geräte, Basel 1968
12. Karl, W.F. Oxygen concentrations achieved with manual resuscitators, N. Y. St. J. Med. 1, 2018-2019 (1966)
13. Lloyd, F. Hand Operated Self-Inflating Resuscitation Equipment - A Re-Evaluation. Anesth. Analg Curr. Res. 50, 554-556 (1971)
14. Modell, J.H.,
F. Moya,
H.D. Williams,
T.C. Weibley Changes in Blood Gases and AaD_{O₂} during Near-drowning. Anesthesiology 29, 455-457 (1968)
15. Nunn, J.F.,
J. Freeman Problems of oxygenation and oxygen transport during haemorrhage. Anaesthesia 19, 206 (1964)
16. Ox Vital Betriebsanleitung der Firma Lothar Micka KG, Marl/W.
17. Weber, E. Grundriß der biol. Statistik. Fischer: Stuttgart 1967
18. Schweizerische Ärztekommision und Beatmungsgeräten für Notfallhilfe, Wabern, Nov. 1968
19. White, R.D.,
F.B. Gilles,
B.V. Polk Oxygen Delivery by Hand Operated Emergency Ventilation Devices. J. Amer. Coll. of Emerg. Physic. 2, 105-107 (1973)

VII. A n h a n g

=====

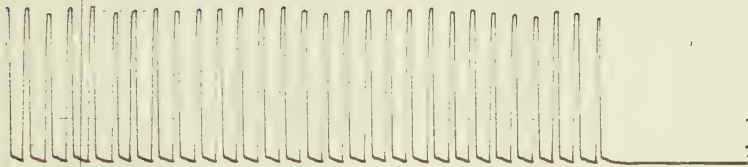
Beispiel einer O_2 Konzentrationsmessung in Abhängigkeit von der Zeit



Aufzeichnungen des Liechti Mehrkanalschreibers

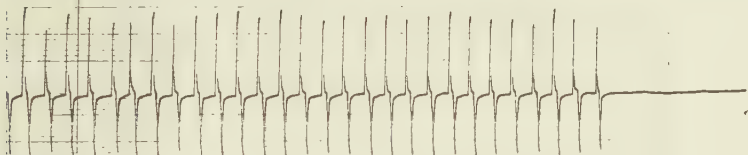
Druck

1 mm = 1 cm H₂O



Volumen

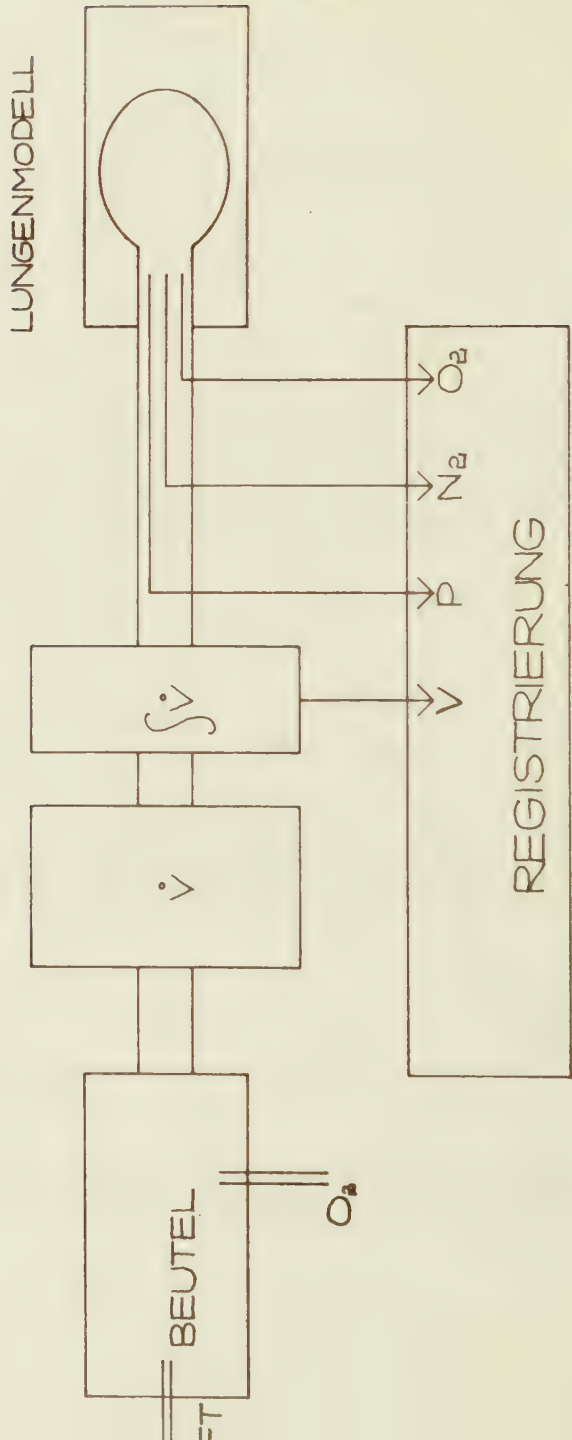
1mm = 50 ml



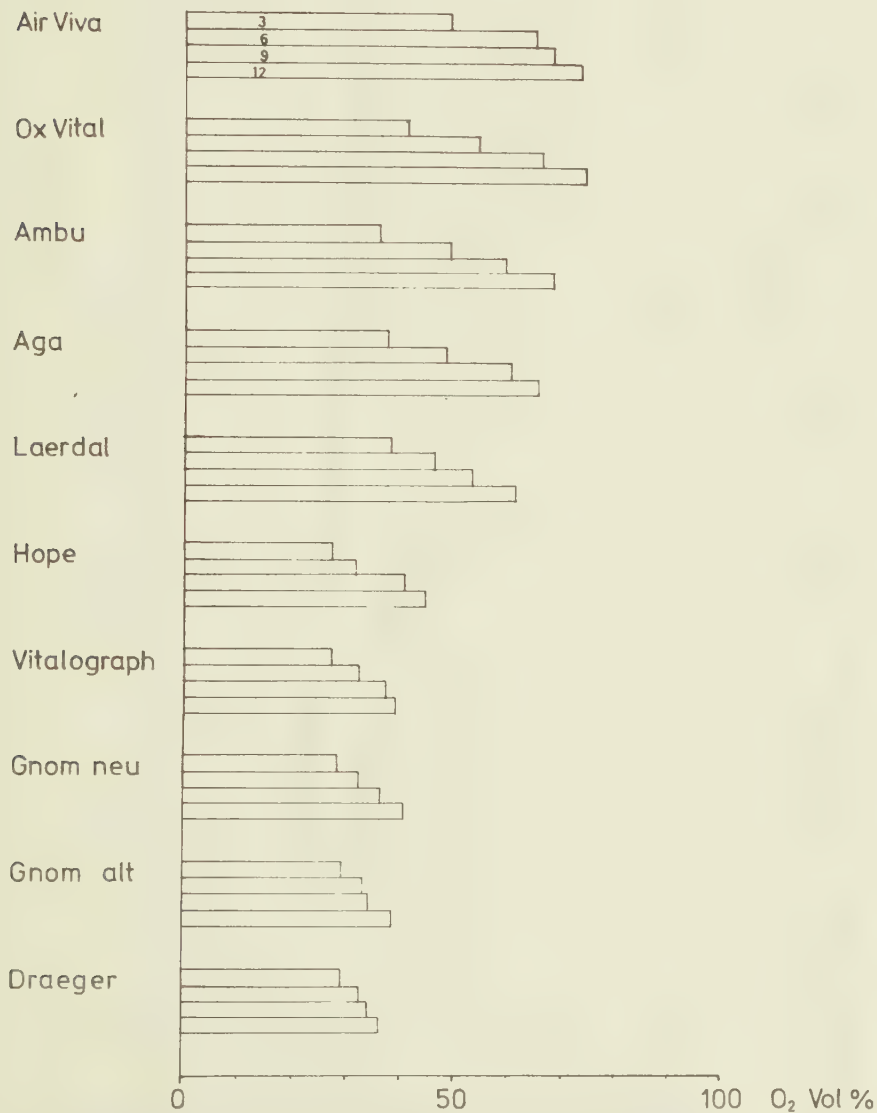
N₂ Vol%



VERSUCHSAUFBAU

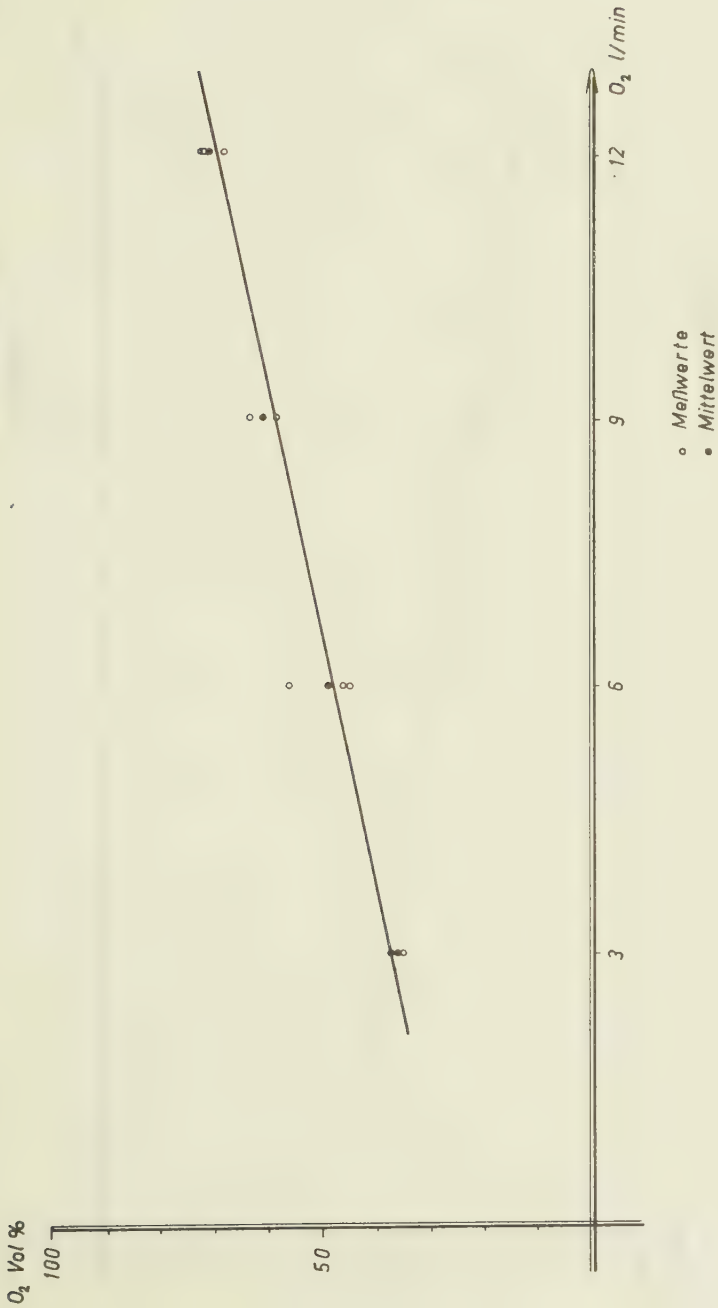


Erreichte O_2 Konzentration bei einem O_2 -Flow von
jeweils 3, 6, 9 und 12 l/min

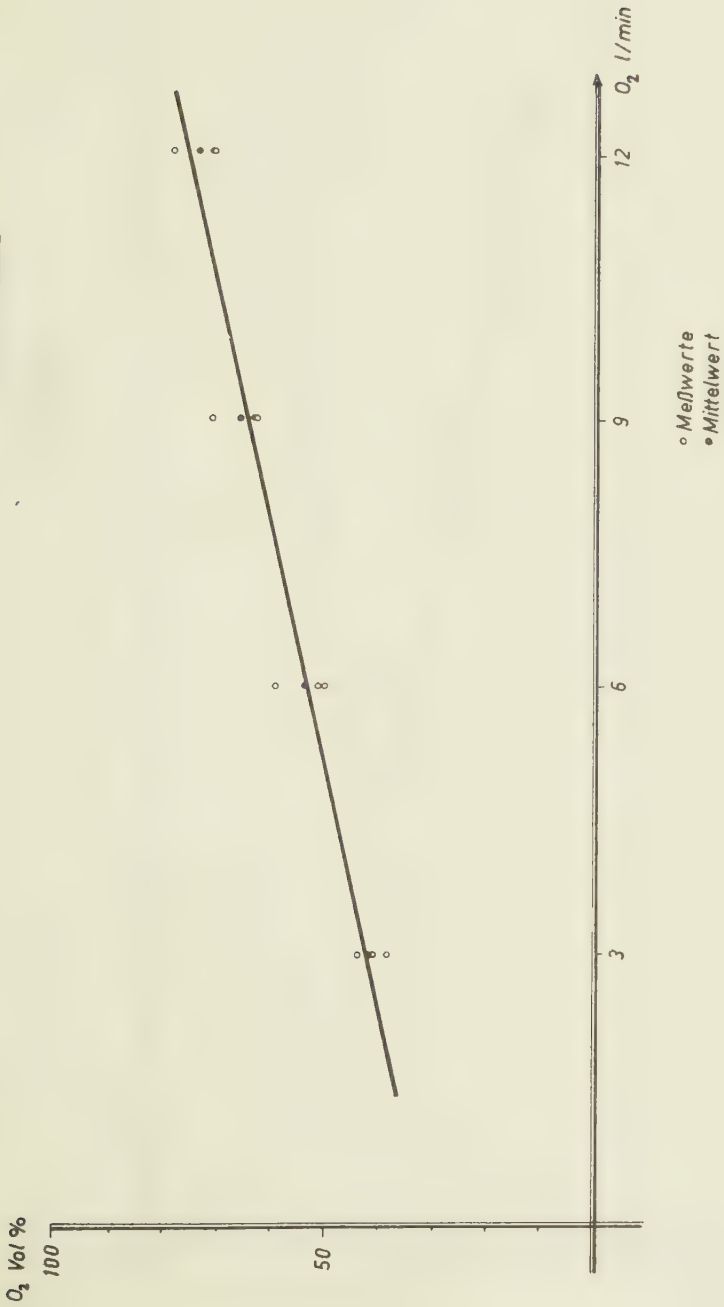


Graphische Darstellung des Anstieges der O₂-Konzentration aller untersuchten Beatmungsbeutel in Abhängigkeit vom O₂-Flow im Bereich von 3-12 l/min

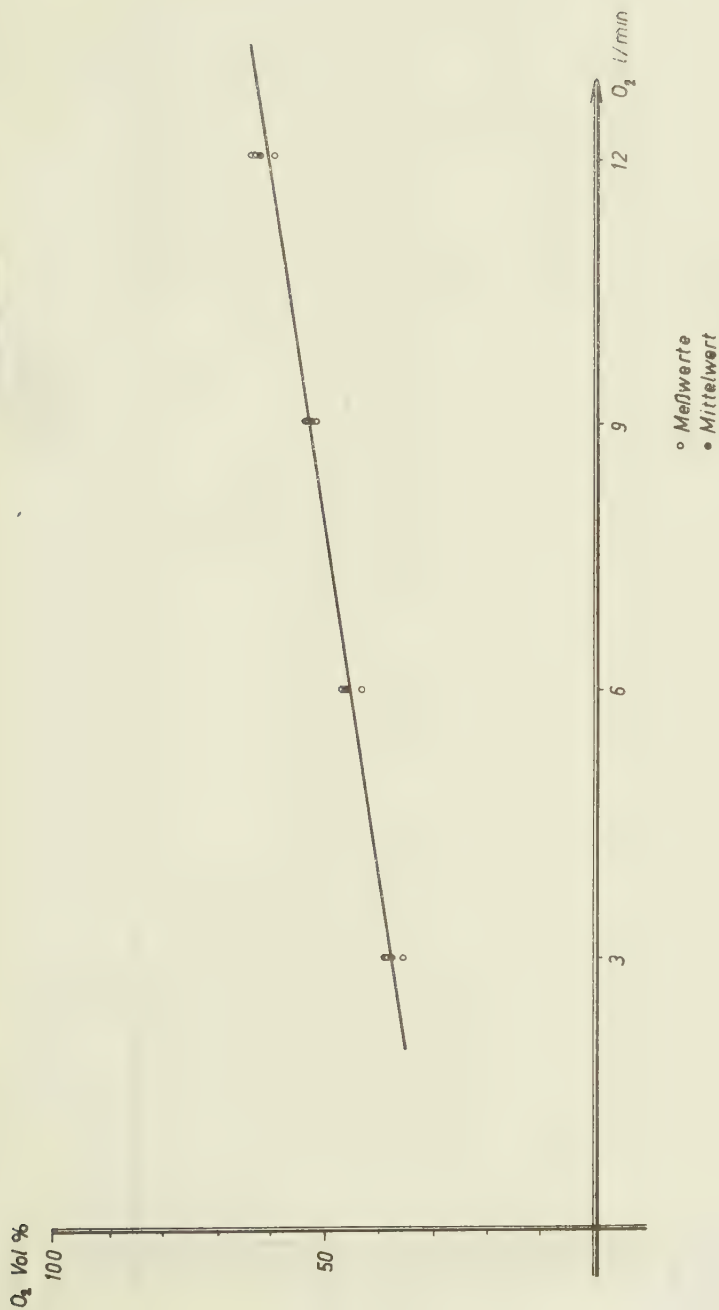


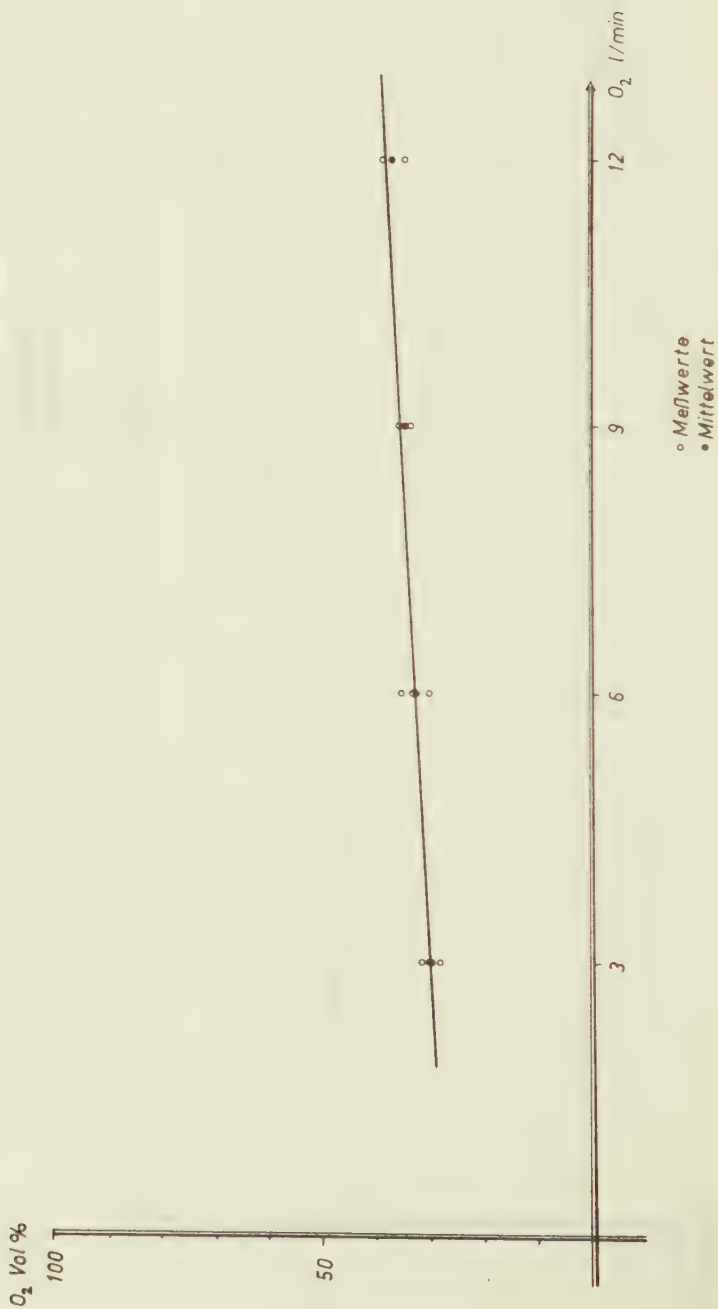
Ambu

Air Viva

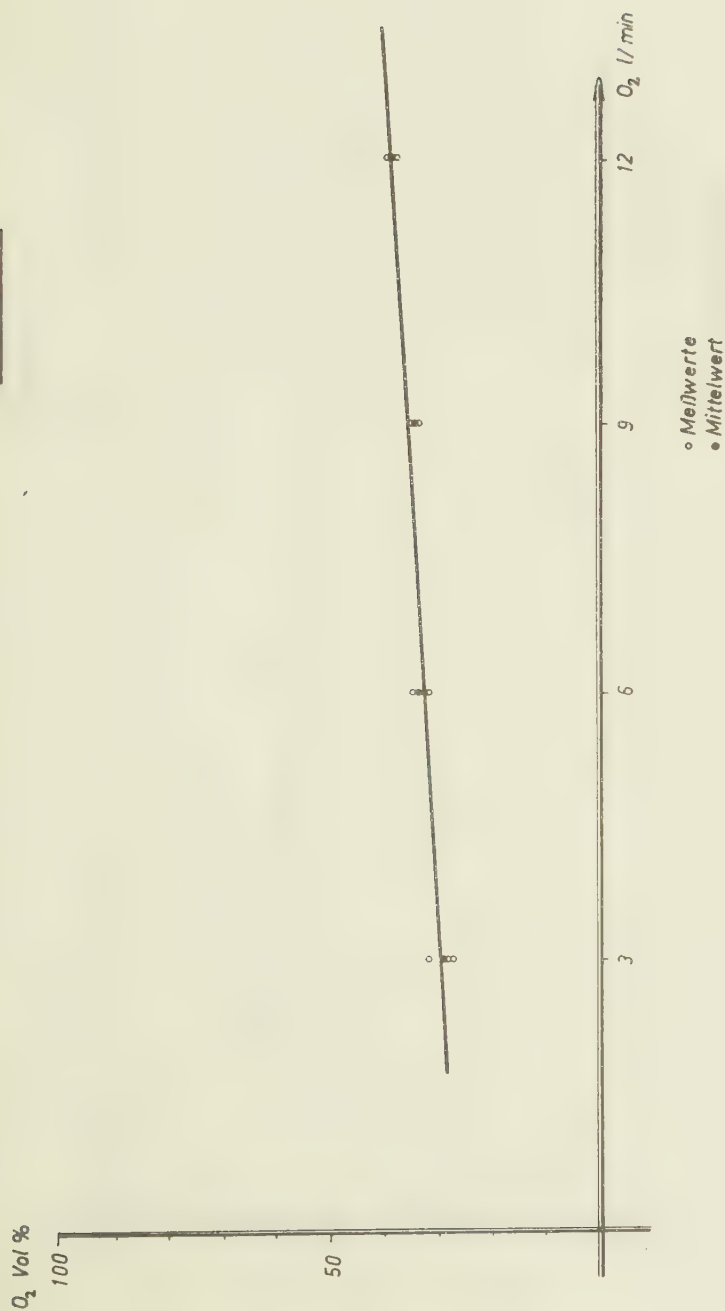
Ox - Vital

Agg

Laerdal

Draeger

- 55 -

Gnom alt

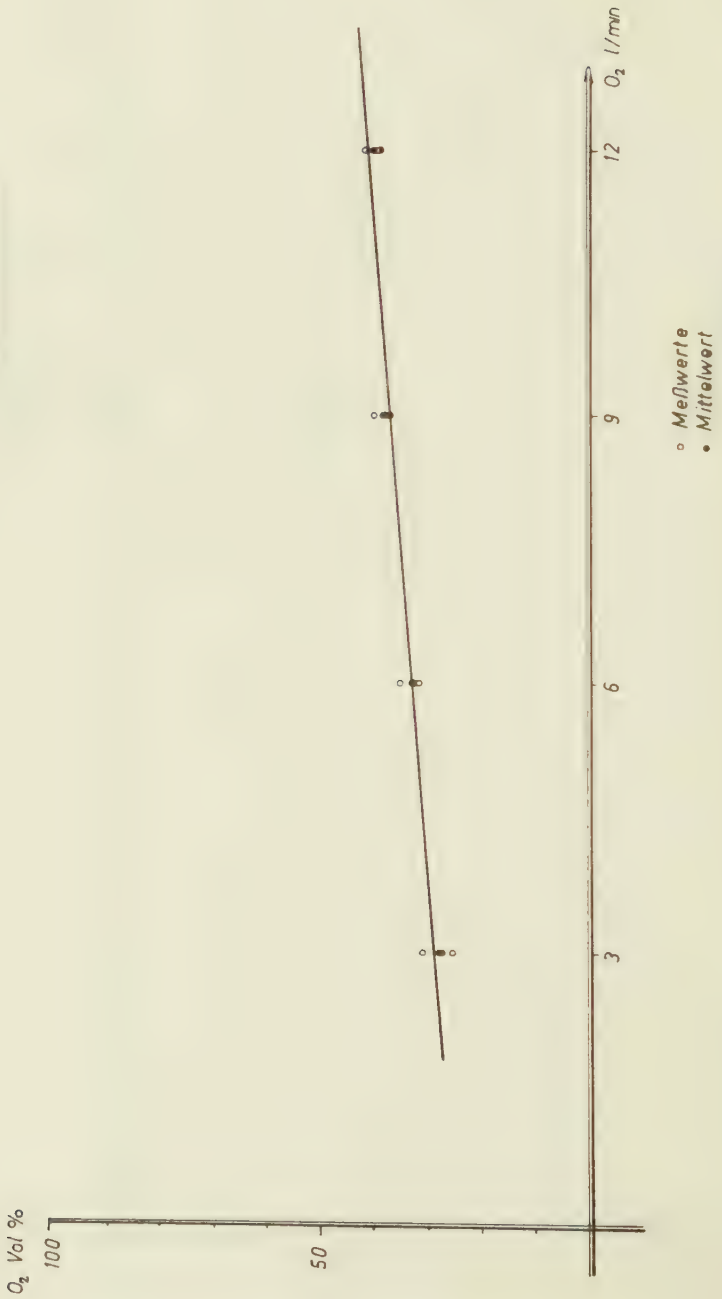
Vitalograph

Tabelle I

AF 15/min

Beutel: Ambu

Volumen (ml)

Druck (cm H₂O)

O₂ Konzentr. (%)

O₂ Flow: 3 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	993	743	883	873	125,3
Druck	31	28,16	29,66	29,61	1,42
O ₂ Konz.	36	35,06	37,72	36,26	1,34

O₂ Flow: 6 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	1060	828	973	953	117,2
Druck	31	29,13	29,93	30,02	0,94
O ₂ Konz.	45	56,5	46,5	49,36	6,3

O₂ Flow: 9 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	1176	943	1013	1044	119,5
Druck	32	30,63	31	31,21	0,71
O ₂ Konz.	57	63,8	58,5	59,7	2,64

O₂ Flow: 12 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	1216	981	1093	1096	117,53
Druck	32,13	30,86	30,93	31,31	0,71
O ₂ Konz.	66	72,16	68,5	68,8	2,25

Tabelle II

AF 15/min

Beutel: Air Viva

Volumen (ml)

O₂ Konzentration (%)

Druck (cm H₂O)

O₂ Flow: 3 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	760	615	800	725	97,34
Druck	29,06	25,0	29,0	27,68	2,33
O ₂ Konz.	45,8	52,6	50,16	49,52	3,44

O₂ Flow: 6 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	840	600	806	748	129,9
Druck	29,53	28,63	28,86	29,01	0,45
O ₂ Konz.	56,2	73,14	61,17	65,5	8,59

O₂ Flow: 9 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	800	635	813	749	99,22
Druck	31,03	26,23	30,3	29,18	2,59
O ₂ Konz.	57,48	78,0	70,4	68,62	10,37

O₂ Flow: 12 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	876	686	820	794	97,62
Druck	31,1	26,73	30,83	29,55	2,45
O ₂ Konz.	63,50	89,5	72,68	73,91	11,02

Tabelle III

AF 15/min

Beutel: Ox Vital

Volumen (ml)
Druck (cm H₂O)
O₂ Konzentr. (%)

O₂ Flow: 3 l O₂/min

	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	790	613	775	726	98,14
Druck	29,33	25,26	28,9	27,83	2,24
O ₂ Konz.	40,5	44,25	39,75	41,30	2,25

O₂ Flow: 6 l O₂/min

	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	866	578	820	788	154,7
Druck	29,13	26,1	29,1	28,11	1,74
O ₂ Konz.	52,5	60	51	54,5	4,82

O₂ Flow: 9 l O₂/min

	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	996	591	956	847	223,1
Druck	30,4	31,6	30,93	30,97	0,60
O ₂ Konz.	63,56	71,8	64,5	66,62	4,51

O₂ Flow: 12 l O₂/min

	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	1071	665	970	902	211,36
Druck	30,36	30,033	31,13	31,17	0,84
O ₂ Konz.	71,92	79,52	72,75	74,73	4,16

Tabelle IV

AF 15/min

Beutel: Aga

Volumen (ml)

O₂ Konzent. (%)

Druck (cm H₂O)

O₂ Flow: 3 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard- abw.
Volumen	876	723	825	808	77,9
Druck	31,0	28,5	29,03	29,51	1,31
O ₂ Konz.	38,1	36,75	38,25	37,7	1,5

O₂ Flow: 6 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard- abw.
Volumen	920	736	811	822	92,52
Druck	30,93	28,3	28,7	29,31	1,42
O ₂ Konz.	48	48	49,5	48,5	0,86

O₂ Flow: 9 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard- abw.
Volumen	901	705	800	807	97,0
Druck	30,6	28,93	29,7	29,74	0,83
O ₂ Konz	57	64,7	60,88	60,86	3,85

O₂ Flow: 12 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-
Volumen	900	706	801	802	97,00
Druck	30,46	28,53	29,93	29,64	0,1
O ₂ Konz.	65,25	68,12	64,5	65,95	1,91

Tabelle V

AF 15/min					
Beutel: Laerdal	Volumen		(ml)		
	Druck		(cm H ₂ O)		
	O ₂ Konzentr.		(%)		
O ₂ Flow: 3 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	1048	795	820	887	139,42
Druck	31,0	28,5	29,26	29,58	1,27
O ₂ Konz.	36,0	39,17	39,17	38,11	1,83
O ₂ Flow: 6 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	1021	805	841	889	115,7
Druck	30,76	29,0	28,76	29,51	1,09
O ₂ Konz.	43,5	47,86	47,86	46,40	1,45
O ₂ Flow: 9 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	1056	780	876	904	140,1
Druck	32,43	28,13	30,73	30,43	7,16
O ₂ Konz.	52,16	54,44	54,44	53,68	1,31
O ₂ Flow: 12 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	1091	850	860	933	136,34
Druck	32,5	28,5	31,0	30,6	2,02
O ₂ Konz	55,96	65,08	64,32	61,78	5,06

Tabelle VI

AF 15/min

Beutel: Draeger

Volumen (ml)

Druck (cm H₂O)

O₂ Konzentr. (%)

O₂ Flow: 3 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	910	666	751	776	123,8
Druck	30,1	27,83	28,46	28,79	1,16
O ₂ Konz.	27,7	30,0	31,5	29,73	1,91

O₂ Flow: 6 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	901	566	778	782	117,5
Druck	30,8	28,0	28,9	29,233	1,42
O ₂ Konz.	30,7	33,0	35,25	32,89	2,27

O₂ Flow: 9 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	906	728	786	807	905
Druck	32,0	29,43	30,03	30,48	1,34
O ₂ Konz.	33,16	34,86	35,44	34,48	1,18

O₂ Flow: 12 l O₂/min

	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	920	735	788	814	95,27
Druck	31,33	29,83	29,86	30,34	0,86
O ₂ Konz	34,68	38,71	36,96	36,78	2,02

Tabelle VII

AF 15/min					
Beutel: Gnom alt	Volumen (ml)				
	Druck (cm H ₂ O)				
	O ₂ Konzentr. (%)				
O ₂ Flow: 3 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	440	440	341	407	57,16
Druck	23,96	23,6	19,2	22,25	2,65
O ₂ Konz.	28,1	31,53	27,6	29,07	2,13
O ₂ Flow: 3 l O ₂ /min					
'	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	441	450	338	409	62,2
Druck	24,26	23,73	19,16	22,38	2,8
O ₂ Konz.	32,06	35,58	32,55	33,39	1,9
O ₂ Flow: 9 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	471	460	348	426	56,3
Druck	24,42	23,5	22,6	23,5	0,9
O ₂ Konz.	33,92	35,7	34,5	34,7	0,9
O ₂ Flow: 12 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	483	490	326	433	92,72
Druck	24,06	23,96	22,36	23,46	0,95
O ₂ Konz.	40	38,48	39	39,16	0,77

Tabelle VIII

AF 15/min					
Beutel: Gnom neu	Volumen (ml)				
	Druck (cm H ₂ O)				
	O ₂ Konzent. (%)				
O ₂ Flow: 3 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	695	713	705	704	9,02
Druck	28,96	28,56	27,23	28,25	0,9
O ₂ Konz.	27	30	28,5	28,5	1,5
O ₂ Flow: 6 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	691	651	695	679	24,3
Druck	28,7	27,93	26,83	27,82	0,94
O ₂ Konz.	32,25	33,75	32,25	32,75	0,86
O ₂ Flow: 9 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	795	735	740	756	33,3
Druck	30,6	30,0	30,7	30,43	0,38
O ₂ Konz.	34,68	37,72	37,17	36,52	1,62
O ₂ Flow: 12 l O ₂ /min					
	I	II	III	$\frac{I+II+III}{3}$	Standard-abw.
Volumen	778	792	760	776	16,04
Druck	30,3	30,8	30,3	30,47	0,28
O ₂ Konz.	40	41,52	41,02	40,84	0,77

Tabelle IX

AF 15/min

Bèutel: Hope

Volumen (ml)
Druck (cm H₂O)
O₂ Konzentr. (%)

O₂ Flow: 3 l O₂/min

	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	743	666	795	734	64,90
Druck	29,43	29,0	29,3	29,24	0,22
O ₂ Konz.	26,25	28,5	27,32	27,35	1,12

O₂ Flow: 6 l O₂/min

	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	713	758	808	759	47,5
Druck	29,66	29,8	29,43	29,63	0,18
O ₂ Konz.	31,5	32,25	31,92	31,89	0,37

O₂ Flow: 9 l O₂/min

	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	826	805	863	831	29,37
Druck	30,2	30,86	30,86	30,64	0,38
O ₂ Konz.	40,76	42,4	40,0	41,05	1,22

O₂ Flow: 12 l O₂/min

	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	868	855	900	874	2316
Druck	30,2	31,2	30,83	30,74	0,5
O ₂ Konz.	44,56	45,32	44,56	44,81	0,44

Tabelle X

AF 15/min					
Beutel: Vitalograph	Volumen		(ml)		
	Druck		(cm H ₂ O)		
	O ₂ Konzentr.		(%)		
O ₂ Flow: 3 l O ₂ /min					
	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	670	591	650	637	41,07
Druck	28,3	27,13	27,16	27,53	0,66
O ₂ Konz.	27,0	25,5	30,75	27,75	2,7
O ₂ Flow: 6 l O ₂ /min					
	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	715	611	685	671	53,5
Druck	28,36	27,6	27,77	27,91	0,4
O ₂ Konz.	32,25	31,5	34,5	32,75	1,56
O ₂ Flow: 9 l O ₂ /min					
	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	783	648	670	700	72,43
Druck	28,86	27,46	27,9	28,07	0,59
O ₂ Konz.	37,5	39,24	36,4	37,71	1,43
O ₂ Flow: 12 l O ₂ /min					
	I	II	III	<u>I+II+III</u> 3	Standard- abw.
Volumen	806	645	668	706	87,07
Druck	29,06	27,46	27,53	28,02	0,9
O ₂ Konz.	38,25	40,76	38,71	39,24	1,33

Tabelle XI

Unterschied zwischen der erreichten O₂ Konzentration (Vol%) und der errechneten maximal erreichbaren O₂ Konzentration unter voller Ausnutzung des angebotenen Sauerstoffes

Beutel	3 l O ₂ /min			6 l O ₂ /min			9 l O ₂ /min			12 l O ₂ /min		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Aga	37,7	40,5	2,8	48,5	59,3	10,8	60,8	79,7	18,9	65,9	100	34,1
Air Viva	49,52	43,1	-6,42	65,5	63,42-	2,08	68,62	84,3	15,69	73,9	100	26,1
Ambu	36,2	36,6	0,4	49,3	53,5	4,2	59,7	66,6	6,9	68,8	78,8	10
Draeger	29,7	41,3	11,6	32,9	61,3	28,4	34,4	79,7	45,3	36,7	100	63,3
Gnom alt	29	59,8	30,8	33,3	100	66,5	34,7	100	65,3	39,1	100	60,9
Gnom neu	28,5	43,4	14,9	32,7	67,4	34,7	36,5	83,6	47,1	40,84	100	59,16
Hope	27,3	42,2	14,9	31,8	62,5	30,7	41	78	37	44,8	93,2	48,4
Laerdal	38,1	38,5	0,4	46,4	56,4	10	53,6	73,3	19,7	61,7	88,7	27
Ox Vital	41,3	42,7	1,4	54,5	61,2	6,7	66,6	100	30,4	74,73	100	25,27
Vitalograph	27,7	45,7	18	32,7	68	35,3	37,7	88,6	50,9	39	100	61

1 erreichte O₂ Konzentration in Vol%

2 errechnete O₂ Konzentration in Vol%

3 Differenz

Tabelle XII

Beutel/Ball	Flow (l O ₂ /min)	Druck (cm H ₂ O)
Ambu (mit Ruben- Ventil)	6	0,5
	7	1
	8	1
	9	1,3
	10	1,5
	11	1,6
	12	1,9
Laerdal	5	1
	6	2
	7	3
	8	6
	9	7
	10	9
	11	11,5
	12	14
Ox Vital	5	1
	6	1,5
	7	2
	8	2
	9	3
	10	3
	11	3,5
	12	4
Vitalograph	5	0,5
	6	1
	7	1
	8	1,3
	9	1,5
	10	1,6
	11	1,9
	12	2

Tabelle XIII

Doppelte Varianzanalyse					Beurteilung
Ursache	SAQ	FG	MAQ	F	x p ≤ 5%
					xx p ≤ 1%
					xxx p ≤ 0,1 %
O ₂ Flow 3 l/min					
Zeile (Beutel)	1457,073	9	161,897	49,178	xxx
Spalte (Beatmer)	25,932	2	12,966	3,938	x
Versuchsfehler	59,263	18	3,292		
O ₂ Flow 6 l/min					
Zeile (Beutel)	3740,3190	9	415,5910	37,72	xxx
Spalte (Beatmer)	113,8908	2	36,9454	5,1685	x
Versuchsfehler	198,3172	18	11,0176		
O ₂ Flow 9 l/min					
Zeile (Beutel)	5200,9976	9	577,8886	58,6939	xxx
Spalte (Beatmer)	154,1692	2	77,0846	7,8291	xx
Versuchsfehler	177,2261	18	9,8458		
O ₂ Flow 12 l/min					
Zeile (Beutel)	6718,9234	9	746,5470	61,8396	xxx
Spalte (Beatmer)	152,6521	2	76,3260	6,3224	xx
Versuchsfehler	217,3018	18	12,0723		

Signifikanzschranke:

Beutel	0,1 %	10,39	Beatmer	1 %	6,01
	1 %	3,60		5 %	3,55
	5 %	2,46			

Tabelle XIV

Berechnung der Konfidenzintervalle nach Fisher

O ₂ -Flow 3 l/min										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1 Aga										
2 Air Viva	11.77	xx								
3 Ambu	1.49	13.26	xx							
4 Draeger	8.02	19.79	6.53	xx						
5 Gnom alt	8.68	20.45	7.19	0.66	xx					
6 Gnom neu	9.25	21.02	7.76	1.23	0.57	xx				
7 Hope	10.40	22.17	8.91	2.38	1.72	0.15	xx			
8 Laerdal	0.36	11.41	1.85	8.38	9.04	9.61	10.76	xx		
9 Ox Vital	3.55	8.22	5.04	11.57	12.23	12.80	13.95	3.19	x	
10 Vitalograph	10	21.77	8.51	1.98	1.32	0.75	0.4	10.36	23.9	1

O ₂ -Flow 6 l/min										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1 Aga										
2 Air Viva	17	xx								
3 Ambu	0.86	16.14	xx							
4 Draeger	15.52	32.52	16.83	xx						
5 Gnom alt	15.11	32.11	15.97	0.41	xx					
6 Gnom neu	15.75	32.75	16.61	0.23	0.64	xx				
7 Hope	16.61	33.61	17.47	1.09	1.5	xx				
8 Laerdal	2.1	19.10	2.96	13.42	13.01	13.65	14.51	xx		
9 Ox Vital	6	11	5.14	21.52	21.11	21.75	22.61	8	xx	
10 Vitalograph	15.75	32.75	16.61	0.23	0.64	C	0.86	13.65	21.	1

Irrtumswahrscheinlichkeitkritische Differenz

O ₂ -Flow 3 l/min	=	5 % (x)	3.07
		1 % (xx)	3.75
O ₂ -Flow 6 l/min	=	5 % (x)	5.61
		1 % (xx)	6.84

Beispiel: Der Konfidenzintervall zwischen Aga und Draeger bei xx
 einem O₂-Flow von 3 l/min beträgt 8.02;
 zwischen Hope und Ox Vital 13.95

Tabelle XV

Berechnung der Konfidenzintervalle nach Tukey

O₂-Flow 9 l/min

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Aga									
2 Air Viva	xx 7.76								
3 Ambu	1.16	8.92							
4 Draeger	xx 26.38	xx 34.14	xx 25.22						
5 Gnom alt	xx 26.16	xx 33.92	xx 25	0.22					
6 Gnom neu	xx 24.34	xx 32.10	xx 23.18	2.04	1.82				
7 Hope	xx 19.81	xx 27.57	xx 18.65	xx 6.57	xx 6.35	4.53			
8 Laerdal	xx 7.18	xx 14.94	xx 6.02	xx 19.20	xx 18.48	xx 17.16	xx 12.63		
9 Ox Vital	x 5.76	2	xx 6.92	xx 32.14	xx 31.92	xx 30.10	xx 25.57	xx 12.94	
10 Vitalograph	xx 23.15	xx 30.91	xx 21.99	xx 3.23	xx 3.01	xx 1.19	xx 3.34	xx 15.97	xx 28.91

O₂-Flow 12 l/min

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Aga									
2 Air Viva	xx 7.96								
3 Ambu	2.85	5.11							
4 Draeger	xx 29.17	xx 36.41	xx 32.02						
5 Gnom alt	xx 26.79	xx 34.75	xx 29.64	2.38					
6 Gnom neu	xx 25.11	xx 33.07	xx 27.96	4.06	1.68				
7 Hope	xx 21.14	xx 29.10	xx 23.99	xx 8.03	5.65	3.97			
8 Laerdal	xx 4.17	xx 12.13	x 7.02	xx 25	xx 22.62	xx 20.94	xx 16.97		
9 Ox Vital	xx 8.78	xx 0.82	xx 5.93	xx 37.95	xx 35.57	xx 33.89	xx 29.92	xx 12.95	
10 Vitalograph	xx 26.71	xx 34.69	xx 29.56	xx 2.46	xx 0.08	xx 1.60	xx 5.57	xx 22.54	xx 35.49

Irrtumswahrscheinlichkeit

O ₂ -Flow 9 l/min	=	5 % (x)
		1 % (xx)
O ₂ -Flow 12 l/min	=	5 % (x)
		1 % (xx)

kritische Differenz

5.30
6.48
5.84
7.15

Tabelle XVI

Ergebnisse des Korrelationstestes

	Mittelwerte		Standardabweichung		Korrelationskoeff.
	$\bar{x}$	$\bar{y}$	s_x	s_y	r
Aga	75,0	53,2541	35,0302	11,6420	0,9742 +++
Air Viva	75,0	64,3908	35,0302	12,1447	0,7336 ++
Ambu	75,0	53,57	35,0302	13,1378	0,9623 +++
Dräger	75,0	33,4366	35,0302	3,1234	0,8469 +++
Gnom alt	75,0	34,0850	35,0302	3,9810	0,9256 +++
Gnom neu	75,0	34,6966	35,0302	4,8646	0,9756 +++
Hope	75,0	36,2783	35,0302	7,5215	0,813 +++
Laerdal	75,0	49,9966	35,0302	9,5060	0,9617 +++
Ox Vital	75,0	59,3375	35,0302	13,5778	0,9615 +++
Vitalograph	75,0	34,3633	35,0302	4,0652	0,9273 +++

++ Irrtumswahrscheinlichkeit 1 %

+++ Irrtumswahrscheinlichkeit 0,1 %

Bei allen Beatmungsbeuteln liegt mit 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit ein linearer Zusammenhang vor. Die entsprechenden Regressionsgeraden sind in den Abbildungen wiedergegeben.

VII. Lebenslauf

=====

Am 23. 5. 1946 wurde ich, Gerhard Ernst-Jürgen Otterbach, als Sohn des jetzigen Techn. Direktors der Stadtwerke Bad Homburg v.d.H., Gerhard Otterbach und seiner Ehefrau, der Ärztin Ingeborg Otterbach, geb. Frey, als zweites von fünf Kindern in Wiesbaden geboren.

Im Jahre 1952 wurde ich in die Volksschule Usingen/Ts. eingeschult, mein Abitur legte ich am 4. 11. 1966 an dem Johannes Gutenberg-Gymnasium in Wiesbaden ab. Anschließend wurde ich für fünfzehn Monate zur Bundeswehr eingezogen.

Im Sommersemester 1968 immatrikulierte ich mich an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz im Studienfach Zahnmedizin, legte am 31. 3. 1969 mein Vorphysikum, am 2. 4. 1971 mein Physikum und am 5. 11. 1973 mein Zahnärztliches Staatsexamen ab. Vom 1. 12. 1973 bis 31. 12. 1974 war ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der zahnärztlich-chirurgischen Poliklinik der Zahn-, Mund- und Kieferklinik Mainz unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Dr. O. Herfert tätig. Seit 1. 1. 1975 arbeite ich als Assistent in einer Praxis in Rom.

Am Schluß der Arbeit möchte ich mich recht herzlich bei Herrn Prof. Dr. R. Frey für die Überlassung des Themas und bei Herrn Prof. Dr. H.-U. Gerbershagen für seine freundliche Unterstützung bedanken.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. Foltin vom Institut für Medizinische Statistik (Leiter: Prof. Dr.Dr. S. Koller) für seine gute Beratung in statistischen Fragen.

